植 物 分 类 学 报 39(1):31~37(2001)
Acta Phytotaxonomica Sinica

茨藻科、角果藻科植物花粉形态的研究

[1,2]孙 坤 [2]陈家宽 [3]张志耘
[1](西北师范大学植物研究所 兰州 730070) [2](复旦大学生物多样性科学研究所 上海 200433)
[3](中国科学院植物研究所系统与进化植物学开放研究实验室 北京 100093)

Pollen morphology of Najadaceae and Zannichelliaceae

[1,2] SUN Kun [2] CHEN Jia-Kuan [3] ZHANG Zhi-Yun
[1](*Institute of Botany, Northwest Normal University*, Lanzhou 730070)
[2](*Institute of Biodiversity Sciences, Fudan University*, Shanghai 200433)
[3](*Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100093)

Abstract In the aquatic order Najadales, severe structural reduction, particularly the floral structure reduction, and strong convergence of morphological characters occurring in the Najadaceae and Zannichelliaceae have greatly obscured their phylogenetic relationships and presented systematists with difficult problems in understanding their phylogenetics. To gather more basic phylogenetic information regarding Najadaceae and Zannichelliaceae, pollen morphology of 4 genera of these two families was examined with light microscope (LM), scanning electron microscope (SEM) and transmission electron microscope (TEM). Our results provide the following insights: (1) Pollen grains of Zannichelliaceae are inaperturate, subspheroidal or subprolate, with ornate or reticulate exine sculpturing. Pollen grains of *Vleisia* and *Zannichellia* are smaller, usually with ornate sculpturing, while those of *Lepilaena* are larger, with crispate, ornate or reticulate sculpturing. (2) Pollen grains of some species, e.g. *Najas oguraensis* Miki and *N. flexilis* (Willd.) Rostk. et Schmidt. in Najadaceae, are monosulcate, but in some other species studied here they are inaperturate. Pollen grains of this family usually have not exine sculpturing, but those of *N. oguraensis* Miki and *N. flexilis* (Willd.) Rostk et Schmidt have verrucate or granular sculpturing. (3) Evidence from the aperture, wall sculpturing and structure of pollen grains does not support the viewpoint that Najadaceae is closely related to Zannichelliaceae and Potamogetonaceae, but shows that Zannichelliaceae and Potamogetonaceae are near relatives.

Key words Najadaceae; Zannichelliaceae; Pollen morphology

摘要 在水生植物茨藻目中，茨藻科 Najadaceae 和角果藻科 Zannichelliaceae 植物由于其结构、尤其是花部结构的极度简化和趋同适应，系统关系仍不清楚。本文应用光学显微镜、扫描电镜和透射电镜对上述2科4属的10种代表植物的花粉形态进行了观察，系统描述了各属、种的花粉形态。结果表明角果藻科植物花粉均无萌发孔，外壁纹饰通常为拟网状至浅网状。花粉形态的研究结果支持将 *Vleisia* 作为角果藻属 *Zannichellia* 的近缘属处理的观点。茨藻科植物花粉外壁光滑、稍皱波状或为疣状，具颗粒状纹饰，萌发孔的有无在种间存在变异。花粉形态的研究结果表明角果藻科与眼子菜科 Potamogetonaceae 近缘，茨藻科可能与水蕹科 Aponogetonaceae 或水鳖科 Hydrocharitaceae 中具单沟花粉的类群有一定联系，而与角果藻科和眼子菜科则相去甚远。

关键词 茨藻科；角果藻科；花粉形态

2000-03-08 收稿，2000-11-23 收修改稿。
基金项目：国家自然科学基金(No.39800008，39630030)，西北师范大学科研创新基金和中国科学院植物研究所系统与进化植物学开放研究实验室资助课题

水生植物茨藻目 Najadales(Cronquist, 1988)由于长期适应水环境而表现出了形态结构(尤其是花部结构)的极度简化和趋同适应，茨藻科和角果藻科即是其中的典型代表(Les, Haynes, 1995; Cronquist, 1988; Dahlgren *et al*., 1985)。尽管对上述类群已进行过形态与解剖学(孙坤等，1997; Shaffer-Fehre, 1991; Tomlinson, Posluszny, 1976)、花器官发育(Posluszny, Charlton, 1993)和分子系统学(Les *et al*., 1997; Les *et al*., 1993)等方面的研究工作，但至今对其系统发育关系的认识仍存在很大分歧(Takhtajan, 1997; Les, Haynes, 1995; Shaffer-Fehre, 1991; Cronquist, 1988; Dahlgren *et al*., 1985)。

茨藻科 Najadaceae 仅茨藻属 *Najas* 一属，约40种，广布世界各地。角果藻科 Zannichelliaceae 有4属7种，除角果藻属 *Zannichellia* 仅有1广布多形种(*Z*. *palustris* L.)外，其余3属间断分布于非洲南部、澳大利亚和新西兰以及地中海周围地区。自 Erdtman(1952)应用光学显微镜描述了茨藻科和角果藻科几种植物的花粉形态以来，对上述类群花粉形态的研究虽有一些报道，但大多集中于角果藻 *Z*. *palustris* L.、*Althenia filiformis* Petit.和大茨藻 *N*. *marina* L.等少数种类(Cook, Guo, 1990; 王镜泉，1990; Diez *et al*., 1988; Bolkhovskikh, 1983; Zavada, 1983; Pettitt, Jermy, 1975)，较系统的工作仅有简永兴、王徽勤(1991)对国产茨藻属7种植物的花粉形态进行的光镜和扫描电镜观察。目前对角果藻科其它植物的花粉形态和外壁结构的研究很少，而对茨藻科植物花粉形态的认识则存在很大分歧(简永兴,王徽勤，1991; Diez *et al*., 1988; Bolkhovskikh, 1983)。为此，本文应用光镜、扫描电镜和透射电镜对角果藻科3属和茨藻科一些代表植物的花粉形态进行了观察，以便为探讨茨藻目植物的系统发育关系提供可靠的依据。

1　材料和方法

材料来源及凭证标本见表1。

研究用材料除小茨藻 *Najas minor* All.为新鲜材料外，其余均采自腊叶标本。花粉均取自近成熟花药。由于茨藻科和角果藻科花粉经酸或碱处理极易膨胀、变形，用于光镜观察的花粉未经处理或用2%氢氧化钠处理，甘油胶封片后在 Leitz Orthoplan 显微镜下观察、测量。每种植物测量20粒花粉。扫描电镜观察采用直接将花粉涂撒在粘贴有双面胶的样品台上，喷镀后在 Hitachi S-800 扫描电镜下观察、照相。透射电镜观察材料是将花药用戊二醛－锇酸双固定，乙醇系列脱水后转入丙酮－树酯混合液中浸透，包埋后在 LKB-Ⅲ型超薄切片机上进行切片，醋酸双氧铀－柠檬酸铅双染后，在 Hitachi-600 型透射电镜下进行观察和照相。

2　观察结果　表2及图版Ⅰ～Ⅲ

2.1　角果藻科 Zannichelliaceae

2.1.1　*Vleisia*

本属仅 *V*. *aschersoniana* (Graebner)Tomlinson et Posluszny 1种，特产非洲南部。

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。在光学显微镜下花粉外壁近光滑，厚约0.5～1 μm，层次不清晰。在扫描电镜下外壁具大而密集的瘤状纹饰，外壁表面具有不明显的拟网，网脊不清晰(图版Ⅰ：1, 6, 7)。

在透射电镜下，花粉外壁有明显的二层，即柱状层和基层，偶有半覆盖层存在。柱状层较厚，小柱短，分布均匀，基层很薄。无外壁内层(图版Ⅲ：3，4)。

表1　材料来源
Table 1　Origin of materials

种名 Species	采集地 Locality	凭证标本 Voucher
Najas marina L. var. *marina*	Weishan Lake, Shandong, China (中国山东微山湖)	G. S. Ju(鞠广胜)16(PE)
N. marina L. var. *brachycarpa* Trautv.	Bameng, Nei Mongol, China (中国内蒙古巴蒙)	Y. Q. Ma *et al*. (马毓泉等) 82-15 (WH)
N. minor All.	Wuhan, Hubei, China (中国湖北武汉)	K. Sun(孙坤)9601(WH)
N. flexilis (Willd.) Rostk. et Schmidt	Cedac Paint	Jenninap s.n. (PE)
N. oguraensis Miki	Guilin, Guangxi, China (中国广西桂林)	Z. C. Zhao(赵佐成)0562(WH)
Vleisia aschersoniana (Graebner) Tomlinson et Posluszny	Caledon, South Africa (南非卡利登)	Parker 4923(CAN)
Zannichellia palustris L.	Harbin, Heilongjiang, China (中国黑龙江哈尔滨)	Q. Y. Li *et al*. (李清义等) s.n. (WH)
Lepilaena australis Drumm. ex Harvey	Victoria, Australia (澳大利亚维多利亚)	Aston 1398(CANB)
L. cylindrocarpa Benth.	South Australia, Australia (南澳大利亚)	Eichler 19461(PE)
L. bilocularis T. Kirk.	New Zealand (新西兰,无详细产地)	Petrie 60538(WELT)

2.1.2 *Zannichellia*

仅1广布多形种,即角果藻 *Z. palustris* L.。

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。在光学显微镜下外壁纹饰为拟网状或近光滑，外壁厚约1 μm，层次不清晰。在扫描电镜下，花粉外壁纹饰为拟网状，网眼不规则，网脊细，不连续，粗细不均匀，常在网脊交汇处增宽(图版Ⅰ：2，8，9)。

2.1.3 *Lepilaena*

本属约3～4种，特产于澳大利亚和新西兰。

花粉粒近球形至近长球形，大小为(23.75～44.38)30.81 × 34.11 (25.00～49.38) μm，无萌发孔。在光学显微镜下花粉外壁光滑或为细网状，厚约1 μm，层次不清楚。在扫描电镜下，不同种的花粉表面纹饰变化较大，纹饰为皱波状，或为拟网状至浅网状，网眼小或大，不规则;不同种类的网脊特征差异很大，表面常具密集或稀疏的小颗粒(图版Ⅰ：10～15)。此外，本属植物的花粉在干燥后很容易塌陷(图版Ⅰ：10～12)。

(A) *L. bilocularis* T. Kirk.

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。在光学显微镜下花粉外壁光滑，厚约1 μm，层次不清晰。在扫描电镜下花粉外壁纹饰为皱波状(图版Ⅰ：3，10，13)。

(B) *L. cylindrocarpa* Benth.

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。在光学显微镜下花粉外壁近光滑，厚约1 μm，

层次不清晰。在扫描电镜下花粉外壁纹饰为拟网状，网眼小而浅，形态不规则，网脊粗而不均匀，表面有密集的小颗粒，但在花粉表面不同部位的纹饰有一定的变异(图版Ⅰ：4，11，14)。

(C) *L. australis* Drumm. ex Harvey

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。在光学显微镜下花粉外壁纹饰为细网状，厚约1 μm，层次不清晰。在扫描电镜下花粉外壁纹饰为明显的浅网状，网眼大，网脊较细而不均匀，多少呈念珠状，表面具散生的小颗粒或棘突(图版Ⅰ：5，12，15)。

在透射电镜下，*L. australis* 的花粉外壁由3层组成。半覆盖层厚约为柱状层的一半，表面具散生的小刺；柱状层较发达，小柱分布不均匀，基层极薄；无外壁内层(图版Ⅲ：5，6)。

表2 角果藻科、茨藻科植物的花粉形态
Table 2 Pollen morphology of Zannichelliaceae and Najadaceae

种名 Species	形状 Shape	大小 Size (μm)	萌发孔 Aperture	外壁纹饰 Exine sculpturing(SEM)
Vleisia aschersoniana	subspheroidal (近球形)	(15.62 ~ 21.30)17.83 × 20.34(17.10 ~ 23.20)	inaperturate (无萌发孔)	ornate, with large verrucae (拟网状,具瘤状突起)
Zannichellia palustris	subprolate (近长球形)	(18.30 ~ 25.41)20.04 × 24.26(19.70 ~ 26.65)	inaperturate (无萌发孔)	ornate, luminae indistinct (拟网状)
Lepilaena bilocularis	subprolate (近长球形)	(25.31 ~ 32.50)28.36 × 33.66(28.44 ~ 34.69)	inaperturate (无萌发孔)	crispate (皱波状)
L. cylindrocarpa	subspheroidal (近球形)	(31.25 ~ 44.38)36.42 × 41.61(35.94 ~ 49.38)	inaperturate (无萌发孔)	ornate, luminae small (拟网状)
L. australis	subspheroidal (近球形)	(23.75 ~ 31.56)27.64 × 30.06(25.00 ~ 35.43)	inaperturate (无萌发孔)	reticulate, luminae shallow (浅网状)
Najas oguraensis	subspheroidal (近球形)	(21.50 ~ 29.38)25.59 × 29.64(26.88 ~ 34.69)	monosulcate (单沟)	densely granular (密集的小颗粒状)
N. minor	subprolate (近长球形)	(21.56 ~ 31.56)25.16 × 33.20(30.31 ~ 43.75)	inaperturate (无萌发孔)	indistinctly crispate or nearly smooth (稍皱波状或近光滑)
N. flexilis	subprolate (近长球形)	(21.25 ~ 31.56)25.32 × 30.27(26.88 ~ 35.63)	monosulcate (单沟)	verrucate (疣状)
N. marina var. *marina*	prolate (长球形)	(30.63 ~ 48.75)40.00 × 53.44(44.06 ~ 65.94)	inaperturate (无萌发孔)	indistinctly crispate (稍皱波状)
N. marina var. *brachycarpa*	prolate (长球形)		inaperturate (无萌发孔)	indistinctly crispate (稍皱波状)

2.2 茨藻科 Najadaceae

仅茨藻属 *Najas* 1广布属。花粉粒近球形至近长球形。花粉大小为(21.56 ~ 48.75)29.02 ×36.64(26.88 ~ 65.94) μm，无萌发孔或有些种类具单沟萌发孔。本属不同植物花粉粒大小的变异幅度很大，同种植物的花粉粒在发育过程中逐渐伸长，至花药开裂时花粉多呈长球形。在光学显微镜下花粉外壁光滑，用酸或碱处理均易破裂或膨大变形。在扫描电镜下外壁纹饰通常为稍皱波状，但澳古茨藻 *N. oguraensis* 花粉外壁纹饰为密集的小颗粒状，*N. flexilis* 则为疣状(图版Ⅱ：1 ~ 10)。

(A)澳古茨藻 *N. oguraensis* Miki

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。在光学显微镜下花粉外壁光滑。在扫描电镜下，花粉外壁纹饰为密集的小颗粒状(图版Ⅱ：1，2)。

(B) 小茨藻 *N. minor* All.

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。在光学显微镜下花粉外壁光滑。在扫描电镜下外壁通常稍皱波状或近光滑(图版Ⅱ：3，4)。

(C)*N. flexilis* (Willd.)Rostk. et Schmidt

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。花粉粒具短而明显的单沟。在光学显微镜下花粉外壁光滑。在扫描电镜下外壁为疣状(图版Ⅱ：5，6)。

(D)大茨藻 *N. marina* L. var. *marina*

花粉粒的形状、大小及萌发孔见表2。在光学显微镜下花粉外壁光滑。在扫描电镜下外壁纹饰为稍皱波状(图版Ⅱ：7，8)。在透射电镜下 *N. marina* L. var. *marina* 花粉无外壁或可能仅有极薄的一层结构，而花粉内壁则很厚(图版Ⅲ：1，2)。

(E)短果茨藻 *N. marina* L. var. *brachycarpa* Trautv.

花粉粒的形状及萌发孔见表2。在光学显微镜和扫描电镜下的花粉形态同大茨藻(图版Ⅱ：9，10)。

3 讨 论

3.1 在角果藻科4属植物中，*Althenia* 的花粉形态已有较详尽的报道(Cook，Guo，1990；Diez *et al.*，1988)。本文及前人的研究结果表明，该科4属植物的花粉大小和外壁纹饰存在明显的差异，可以作为该科分类的依据。*Vleisia* 是 Tomlinson & Posluszny(1976)从角果藻属分出而成立的一个属。本文研究结果表明 *Vleisia* 和角果藻属植物花粉粒明显较小，外壁均具拟网，这反映了上述2属间的密切联系；不过，*Vleisia* 花粉外壁具大而密集的瘤状颗粒，表面拟网的网脊不清晰则与角果藻属明显不同：因而支持上述学者将它们作为近缘属的分类处理。该科另外2属，即 *Althenia* 和 *Lepilaena* 花粉粒均较大，但外壁纹饰存在差异，前者为皱波状(Cook，Guo，1990)，而 *Lepilaena* 花粉形态在种间有一定分化，外壁纹饰从拟网状至明显网状。这一结果支持 Tomlinson & Posluszny(1976)等学者关于在角果藻科4属中 *Althenia* 与 *Lepilaena* 更为近缘的观点。

3.2 对茨藻科植物花粉有无萌发孔有着完全不同的报道。大多数研究结果表明该科植物无萌发孔(Diez *et al.*，1988；Zavada，1983；Erdtmann，1952)。但 Bolkhovskikh(1983)发现大茨藻 *N. marina* 的花粉具有远极单沟萌发孔，简永兴和王徽勤(1991)对国产茨藻科7种植物花粉形态的研究也认为该科植物均为单沟花粉。但本文的观察结果表明茨藻科植物花粉萌发孔的有无存在很大变异。本文研究的5种(变种)植物中除 *N. oguraensis* 有明显的单沟萌发孔和 *N. flexilis* 具短而不明显的单沟外，其余类群虽然花粉壁上有时有皱褶，但并无萌发孔存在。即使在 Bolkhovskikh(1983)和简永兴、王徽勤(1991)报道花粉有单沟的大茨藻等类群中也未发现萌发孔。我们在其变种短果茨藻 *N. marina* L. var. *brachycarpa* 中也未发现萌发孔。不过，作者对该科具有单沟萌发孔的 *N. oguraensis* 和 *N. flexilis* 花粉的扫描电镜观察，发现上述二种植物的花粉壁具有明显的疣状或颗粒状纹饰，而

其它类群的花粉表面则光滑或稍皱波状。这可能暗示茨藻科植物花粉萌发孔的有无与花粉外壁的厚度有关。由于茨藻科植物的花粉外壁通常极薄或无外壁(Zavada, 1983)，因此作者认为茨藻科植物花粉萌发孔很可能是在外壁简化的过程中退化了。该科部分种类有单沟可能暗示茨藻科是由花粉具单沟萌发孔的最近祖先演化而来。此外，茨藻属植物中，大茨藻的花粉明显较该属其它种类大，这与将该属划分为2个亚属的分类处理相一致。

3.3 关于类群间的关系 角果藻科常被认为与茨藻科和眼子菜科 Potamogetonaceae，尤其是茨藻科有密切联系(Cronquist, 1988; Dahlgren *et al*., 1985)。但从本文结果来看，角果藻科植物花粉无萌发孔，具明显外壁，纹饰通常为拟网状或网状，这些特征表明角果藻科更接近于眼子菜科。相反，茨藻科植物在花粉外壁纹饰、结构和萌发孔的特征等方面均很特殊，而与角果藻科相去甚远，可能很早就已与茨藻目植物中花粉外壁纹饰为网状的类群分开了。从该科有些类群花粉具有明显单沟来看，茨藻科很可能与水蕹科 Aponogetonaceae 或水鳖科 Hydrocharitaceae 中具单沟花粉的类群有一定联系。事实上，近年来有关茨藻目植物分子系统学和种子微形态特征的研究结果也表明茨藻科和水鳖科近缘(Les *et al*., 1997; Tanaka *et al*., 1997; 孙坤等, 1997)或将茨藻科归并到水鳖科中(Shaffer-Fehre, 1991)。

致谢 实验和研究过程中得到了中国科学院植物研究所张玉龙先生、覃海宁先生、傅德志先生和肖荫厚先生的热情帮助，在此谨致诚挚的谢意。

参 考 文 献

Bolkhovskikh Z V, 1983: On the morphology of pollen grains of *Najas major* (Najadaceae). Bot Zh, 68: 488 ~ 452 (in Russian)

Cook C D K, Guo Y-H, 1990. A contribution to the natural history of *Althenia filiformis* Petit. (Zannichelliaceae). Aquat Bot, 38: 261 ~ 281

Cronquist A, 1988. The Evolution and Classification of Flowering Plants. 2nd ed. New York: The New York Botanical Garden. 1039 ~ 1072

Dahlgren R M T, Clifford H T, Yeo P F, 1985. The Families of the Monocotyledons: Structure, Evolution and Taxonomy. Berlin: Springer-Verlag. 1 ~ 322

Diez M J, Talavera S, Garcia-Murillo P, 1988. Contribution to the palynology of hydrophytic, non-entomophilous angiosperms. Ⅰ. Studies with LM and SEM. Candollea, 43: 147 ~ 158

Erdtman G, 1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Stockholm: Almqvist and Wiksell

Jian Y-X(简永兴), Wang H-Q(王徽勤), 1991. Studies on the pollen morphology of Alismataceae, Hydrocharitaceae, Potamogetonaceae and Najadaceae in Hubei Province. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究), 9(1): 21 ~ 28

Les D H, Garvin D K, Wimpee C F, 1993. Phylogenetic studies in the monocot subclass Alismatidae: evidence for a reappraisal of the aquatic order Najadales. Molec Phylog Evol, 2(4): 304 ~ 314

Les D H, Haynes R, 1995. Systematics of subclass Alismatidae: a synthesis of approaches. In: Rudall P J *et al*. eds. Monocotyledons: Systematics and Evolution. London: Royal Botanic Garden, Kew. 353 ~ 377

Les D H, Cleland M A, Waycott M, 1997. Phylogenetic studies in Alismatidae Ⅱ: evolution of marine angiosperms (seagrasses) and hydrophily. Syst Bot, 22(3):443 ~ 463

Pettitt J M, Jermy A C, 1975. Pollen in hydrophilous angiosperms. Micron, 5: 377 ~ 405

Posluszny U, Charlton W A, 1993. Evolution of the helobial flower. Aquat Bot, 44:303 ~ 324

Shaffer-Fehre M, 1991. The position of *Najas* within the subclass Alismatidae in the light of new evidence from seed

coat structures in the Hydrocharitoideae (Hydrocharitaceae). Bot J Linn Soc, 107: 189 ~ 209

Sun K(孙坤), Wang Q-F(王青锋), Chen J-K(陈家宽), 1997. Micromorphological characters of seed coats of Chinese Najadaceae and their systematic significance. Acta Phytotax Sin(植物分类学报), 35(6): 521 ~ 526

Takhtajan A, 1997. Diversity and Classification of Flowering Plants. New York: Columbia University Press. 563 ~ 576

Tanaka N, Setoguchi H, Murata J, 1997. Phylogeny of the family Hydrocharitaceae inferred from *rbc*L and *mat*K gene sequence data. J Plant Res, 110: 329 ~ 337

Tomlinson P B, Posluszny U, 1976. Generic limits in the Zannichelliaceae (*sensu* Dumortier). Taxon, 25: 273 ~ 279

Wang J-Q(王镜泉), 1990. A study on pollen morphology of *Potamogeton*, *Zannichellia* and *Triglochin* from China. Acta Phytotax Sin(植物分类学报), 28(5): 372 ~ 378

Zavada M S, 1983. Comparative morphology of monocot pollen and evolutionary trends of apertures and wall structures. Bot Rev, 49(4): 331 ~ 379

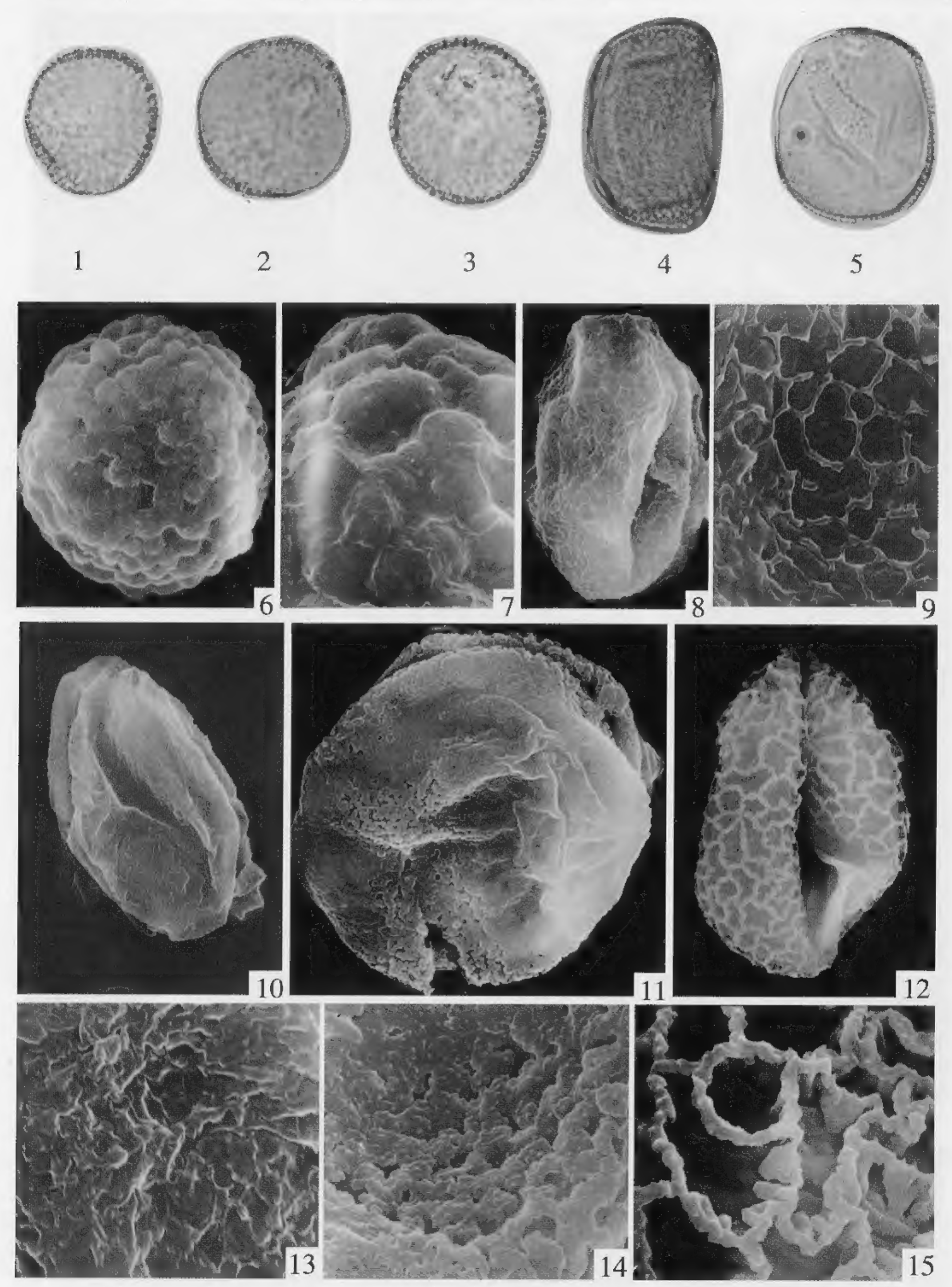
图版说明 Explanation of plates

Plate Ⅰ Pollen morphology of Zannichelliaceae under LM and SEM 1, 6, 7. *Vleisia aschersoniana*; 2, 8, 9. *Zannichellia palustris*; 3, 10, 13. *Lepilaena bilocularis*; 4, 11, 14. *L. cylindrocarpa*; 5, 12, 15. *L. australis* (1 ~ 5. ×400; 6. ×2400; 8. ×2100; 10, 12. ×1500; 7, 9, 13 ~ 15. ×6000; 11. ×1300)

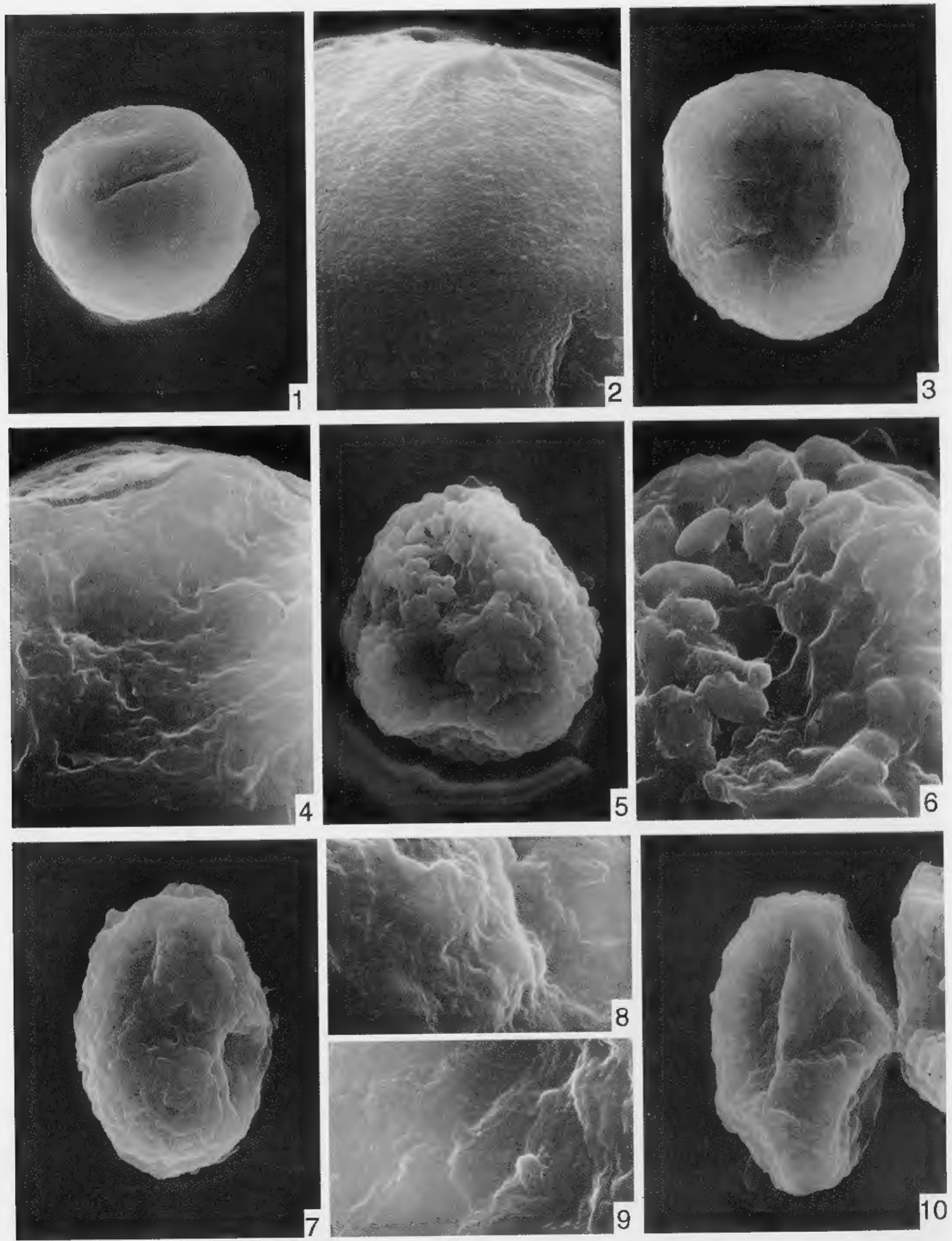
Plate Ⅱ Pollen morphology of Najadaceae under SEM 1, 2. *Najas oguraensis*; 3, 4. *N. minor*; 5, 6. *N. flexilis*; 7, 8. *N. marina* var. *marina*; 9, 10. *N. marina* var. *brachycarpa* (1, 5, 7, 10. ×1200; 2, 9. ×4200; 3. ×1500; 4. ×6000; 6. ×3000; 8. ×4800)

Plate Ⅲ Exine structure of pollen grains of Zannichelliaceae and Najadaceae under TEM 1, 2. *Najas marina* var. *marina*; 3, 4. *Vleisia aschersoniana*; 5, 6. *Lepilaena australis* (1. ×40000; 2, 5. ×15000; 3. ×30000; 4. 60000; 6. ×20000)

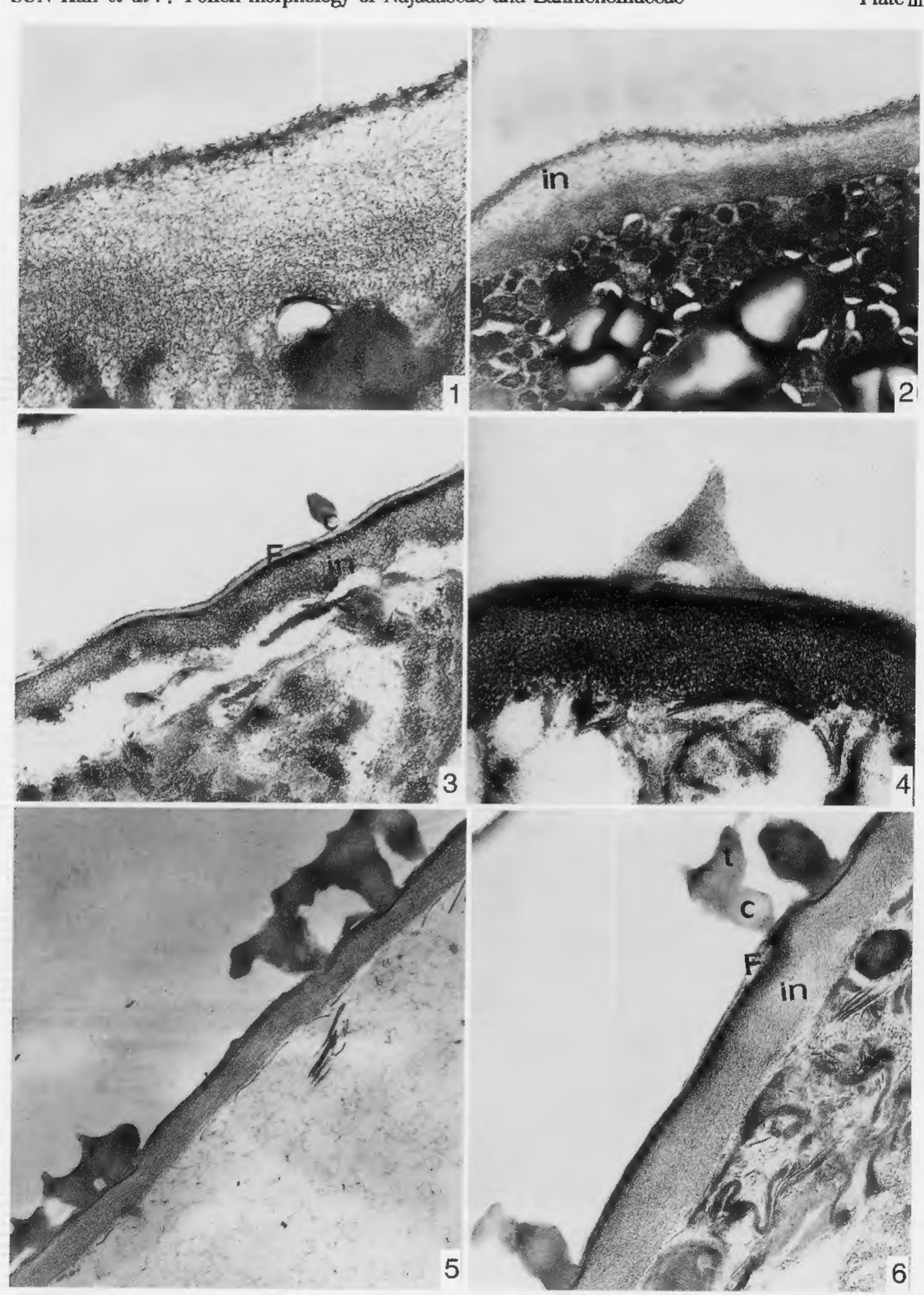
(责任编辑 汪桂芳)



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text